

14. Februar 2001

Da/sb

Anmelderin: Firma Carl Freudenberg, 69469 Weinheim, DE

5

Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung des Federungsverhaltens bei  
Fahrzeugen mit hydropneumatischen Federungseinrichtungen und stark  
veränderbaren Achslastverhältnissen

10

Beschreibung

Technisches Gebiet

- 15 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung des  
Federungsverhaltens bei Fahrzeugen mit hydropneumatischen  
Federungseinrichtungen und stark veränderbaren Achslastverhältnissen,  
insbesondere an Fahrzeugen bei denen abhängig vom Arbeitseinsatz die  
Vorderachse einem niedrigen, mittleren oder hohen statischem  
20 Belastungsbereich ausgesetzt ist und die Federungseinrichtung zwischen  
den ungefederten und gefederten Massen über doppelt wirkende  
Hydraulikzylinder verfügt, deren Druckleitungen mit einer Pumpe verbindbar  
sind, wobei ein Druckregelventil in die Druckleitung zu den Ringräumen  
eingefügt ist, das den Druck in den Ringräumen ständig auf einen  
25 vorgegebenen Druckwert abgleicht.

10075794.021302

10075794.001302  
2023-04-25 10:07

Durch die DE 41 20 758 A1 ist eine hydropneumatische Federung für Kraftfahrzeuge mit großen Achslastspreizungen bekannt, bei der doppelt wirkende Hydraulikzylinder eingesetzt werden, deren Zylinderräume mit einem ersten Speicher und deren kolbenstangenseitige Ringräume mit einem zweiten Speicher verbunden sind, wobei ein Niveauregelventil die Höhenlage regelt und ein druckgesteuertes Ventil ein vorgegebenes Druckverhältnis zwischen den Drücken des ersten und des zweiten Speichers in Abhängigkeit von der Belastung der hydropneumatischen Stellglieder stetig regelt. Dabei wird das druckgesteuerte Ventil sowohl vom Druck in der Druckleitung zu den Zylinderräumen als auch vom Druck in der Druckleitung zu den Ringräumen betätigt. Es wird eine stetige Regelung in Abhängigkeit von der Belastung der hydropneumatischen Stellglieder erreicht. Der Ringraumdruck wird lastabhängig geregelt.

Eine wirtschaftlichere, einfachere Ausführungsform ist in der DE 42 42 448 C1 enthalten, mit dem Vorteil, Load-Sensing-Pumpen einsetzen zu können. Nach Belastungsänderungen und anschließenden Auf- oder Abregelvorgängen werden statische Belastungsänderungen ausgeregelt. Es kommt ein Druckregelventil zum Einsatz, welches das Druckniveau im Ringraumfederkreis konstant hält. Bei mittleren Lasten wird die Federung jedoch hart und teilweise unkomfortabel.

Eine Verbesserung der Verhältnisse hinsichtlich Komfort wird bei der Einrichtung nach DE 197 19 077 A1 dadurch erreicht, dass als Druckregelventil ein lastangepaßtes Zweistufendruckregelventil verwendet wird. Hierdurch ist es möglich, die Federung den Belastungsfällen besser anzupassen. Eine Änderung des Ringraumdrucks zwischen einem unteren und einem oberen Grenzwert ist lastabhängig möglich.

Die DE 197 19 076 A1 zeigt eine Einrichtung, die eine Vergrößerung der Lastverhältnisse ohne erhöhte Beanspruchung der Bauteile zulässt und auch eine Verbesserung des Fahrkomforts im Sinne einer weicheren Federung erreicht. Die Regelfeder und die Positionierfeder des Druckregelventils sind so aufeinander abgestimmt, dass eine lastabhängige Ringraumdruckänderung erreicht wird, die eine Erhöhung der Federrate bei geringer Achslast bewirkt mit der Möglichkeit, die Federrate im mittleren Lastbereich zur Komfortverbesserung weicher zu gestalten. In Versuchen konnten die Funktionsvorteile nachgewiesen werden. Unbefriedigend sind jedoch bei dieser Einrichtungsart die für die Reproduzierbarkeit der Funktion geforderten eingeschränkten Fertigungstoleranzen und die ungünstige Baugröße. Für den permanenten Federungseinsatz erweist sich die Schnelligkeit der Druckanpassung als unzureichend.

#### Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine Steuerung zu schaffen, bei der für eine wirtschaftliche Fertigung die Toleranzanforderungen entschärft sind, ein geringes Einbauvolumen ermöglicht wird und die geforderte schnelle Druckanpassung realisiert ist. Als niedriger Belastungsbereich der Vorderachse des Fahrzeugs wird der Bereich der gefederten Achslast verstanden, der eintritt, wenn das Fahrzeug an seinem rückwärtigen Ende mit einer Last, beispielsweise einem Pflug, versehen ist. Der hohe Belastungsbereich liegt vor, wenn frontseitig am Fahrzeug ein Ladegerät oder dergleichen angebracht ist. Der mittlere Belastungsbereich liegt bei einem unbelasteten Fahrzeug vor.

Versuche haben gezeigt, dass eine komfortable Federungsauslegung im mittleren Belastungszustand bei Achslastreduzierung durch Heckanbaugeräte besonders bei weit ausragendem Schwerpunkt mit nicht vertretbarem Schwingen in die Endanschläge verbunden ist, sodass  
5 entweder eine zusätzliche Dämpferfunktion oder eine Federratenverhärtung einzubringen ist.

Die Lösung der gestellten Aufgabe wird bei einem Verfahren beziehungsweise Vorrichtung der eingangs genannten Gattung  
10 erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass in niedrigen Belastungsbereich an der Vorderachse der Druck in den Ringräumen der Federzylinder angehoben ist. Im mittleren Belastungsbereich ist der Druck im Ringraum zum Zwecke der Komfortsteigerung reduziert und im niedrigen Lastbereich verhärtet sich die Federrate durch Ringraumdruckerhöhung.

15 In Verbindung mit der Speicherauslegung kann die Steuerung so abgestimmt werden, dass der Druck in den Ringräumen für den mittleren und hohen Belastungsfall konstant bleiben kann. Andererseits ist es aber auch möglich, den Ringraumdruck auch bei höherer Belastung der Vorderachse zu erhöhen.

20 Die Anhebung des Ringraumdrucks kann auf unterschiedliche Werte eingestellt sein. Die Werte sind auf die Schleppergröße und den jeweiligen Belastungszuständen abzustimmen und sollte in Verbindung mit der Ringfläche des Federzylinders in der Größenordnung von 20 - 40 bar liegen.

25 Die Speicherauslegung kann so abgestimmt werden, dass der Druckwert in den Ringräumen sowohl im mittleren als auch im hohen Lastbereich konstant bleiben kann

Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens sieht die Verwendung eines Vorsteuerventils vor, welches vom Zulaufdruck zu den Zylinderräumen sowie vom Ablaufdruck gesteuert wird.

- 5 Das mit einem Vorspannkolben ausgestattete Druckregelventil regelt einen unteren und einen oberen Druckwert. Welcher Druck zu regeln ist, wird von der Vorsteuerung bestimmt.

- 10 Als Vorsteuerventil kann auch ein  $3/2$  - Wegeventil eingesetzt werden, dass über einen Drucksensor im Zylinderfederkreis elektrisch anzusteuern ist. Bei geforderter Verhärtung der Federrate im hohen Belastungsbereich ist eine weitere Umsteuerfunktion einzubringen.

- 15 Die Vorteile der Erfindung werden bei einer weichen Anfangsgrundeinstellung in der Federauslegung erreicht, die einen guten Fahrkomfort im mittleren Belastungsbereich ergibt und einer härteren Abstimmung im niedrigen Belastungsbereich, wodurch die Problematik des Aufschwingens in die Endanschläge vermieden wird.

20

#### Kurzbeschreibung der Zeichnung

Anhand der beiliegenden Zeichnung wird die Erfindung näher erläutert.

- 25 Es zeigt:

Fig. 1 ein Federungsdiagramm, in dem die Achsfederrate und der Zylinderdruck in Bezug zur Achslast aufgetragen ist,

Fig. 2 das Federungsdiagramm mit erhöhtem Ringraumdruck im niedrigen Belastungsbereich,

Fig. 3 das Federungsdiagramm mit erhöhtem Ringraumdruck im niedrigen und hohen Belastungsbereich

Fig. 4 einen Schaltplan zur Durchführung der Ringraumdruckveränderung.

#### Ausführung der Erfindung

In der Fig. 1 ist die Achsfederrate  $C$  und der Zylinderdruck  $P_z$  in Bezug zur Achslast  $A$  an der Vorderachse eines Fahrzeugs bei konstantem Ringraumdruck  $P_R$  aufgetragen. Die Kurve  $C$  gibt den Verlauf der Achsfederrate  $C$  und die Kurve  $P$  den Verlauf des Zylinderdrucks über der Achslast  $A$  wieder. Dabei ist die Achslast  $A$  in einen niedrigen  $n$ , mittleren  $m$  und hohen  $h$  Belastungsbereich aufgeteilt. Der niedrige Belastungsbereich  $n$  liegt dann vor, wenn das Fahrzeug an seinem rückwärtigen Ende mit einer Last versehen ist. Das kann beispielsweise bei einem Ackerschlepper ein Pflug sein. Die Vorderachsfederung ist dann entlastet und befindet sich im niedrigen Belastungsbereich  $n$ . Eine hohe Achslast und damit ein hoher Belastungsbereich  $h$  der Vorderachsfederung liegt dann vor, wenn am Vorderteil des Schleppers ein Ladegerät oder dergleichen angebracht ist. Die Vorderachse hat dann ihre höchste Achslast. Der mittlere Belastungsbereich  $m$  der Achslast ist dann gegeben, wenn das Fahrzeug weder vorn noch hinten mit Geräten belastet ist. Die Belastungsgrenzen werden konstruktiv festgelegt und sind auf den Schleppertyp mit den gewählten Anbaugeräten abgestimmt.

Bei bekannten hydropneumatischen Federungen mit konstantem Ringraumdruck werden für die Belastungsbereiche der niedrigen und hohen Achslasten die geforderten Federwege an den Federungseinrichtungen erreicht und damit ein guter Fahrkomfort erzielt. Im mittleren Achslastbereich treten jedoch überwiegend kurze Federwege auf, welche einen unbefriedigenden Fahrkomfort ergeben. Das Fahrverhalten der hydropneumatische Federung wirkt im mittleren Lastbereich unkomfortabel und hart.

Die Achsfederrate  $C$  ist abhängig von der gewählten Gasvorspannung und dem Volumen des Hydrospeichers. Wird die Achsfederrate  $C$  für den mittleren Belastungsfall  $m$  auf hohem Fahrkomfort abgestimmt, so hat diese Einstellung immer zur Folge, dass die Achse im niedrigen Lastbereich  $n$  ohne zusätzliche Dämpferfunktionen in nicht zu vertretendem Maße in die Endanschläge anschlägt.

Dies lässt sich vermeiden, indem man die Achsfederrate im niedrigen Belastungsbereich durch Ringraumdruckerhöhung verhärtet.

In Fig. 2 und 3 ist die Wirkung der Ringraumdruckerhöhung im Kurvenverlauf der Achsfederrate  $C$  und dem Zylinderdruck  $P_z$  dargestellt. In Fig. 2 erfolgt die Ringraumdruckerhöhung nur im niedrigen Belastungsbereich  $n$ . Fig. 3 zeigt das Diagramm, wenn auch im hohen Belastungsbereich  $h$  eine Federratenverhärtung gefordert ist. Es entstehen die Kurven  $C_1$  und  $C_2$ . Es zeigte sich, dass bei beiden Ausführungsformen ein hoher Fahrkomfort im mittleren Belastungsbereich  $m$  erzielt wird. Der der Erfindung zugrunde liegende Gedanke ist prinzipiell bei allen Fahrzeugen anwendbar, die mit hydropneumatischen Federungseinrichtungen versehen sind und bei denen in Abhängigkeit von ihrem Arbeitseinsatz große Achslastverhältnisse auftreten.

Fahrversuche haben gezeigt, dass die Wirkung der Anpassung von Achsfederrate C an die jeweiligen Belastungszustände durch eine beschleunigte Ringraumdruckänderung optimiert werden kann. Dies gilt besonders für Federungssysteme ohne Federungsblockierung.

5

Als erweitertes Erfindungsmerkmal ist aus diesem Grund das vorgesteuerte Druckregelventil mit einem externen Reaktionsdruckabgriff ausgestattet, der eine Kompensierung der internen Durchflusswiderstände bei klein gestalteten Steuerblöcken ermöglicht und somit die geforderten beschleunigten Druckänderungen im Ringraum bewirkt.

10

In der Fig. 4 ist ein Schaltplan für ein Schlepperfahrzeug gezeigt, bei dem die Federungseinrichtung über doppelt wirkende Hydraulikzylinder verfügt, deren Druckräume mit einer Load-Sensing-Pumpe verbindbar sind.

15

In dem gezeigten Schaltplan der Fig. 4 sind die Federzylinder 1 und 2 vorgesehen, die zwischen den nicht näher dargestellten ungefederten und gefederten Massen angeordnet sind. Die Federzylinder 1 und 2 besitzen die Kolbenräume 3 und 4, welche durch die Kolben 5 und 6 von den Ringräumen 7 und 8 getrennt sind. Die Kolbenstangen 9 und 10 sind aus den Federzylindern 1 und 2 abgedichtet nach außen geführt.

20

Die beiden Ringräumen 7 und 8 sind durch die Verbindungsleitung 11 miteinander verbunden und an den Hydrospeicher 12 angeschlossen. Eine zweite Verbindungsleitung 13 verbindet die Kolbenräume 3 und 4. Die Verbindungsleitung 13 ist über eine Leitung 14 mit dem Hydrospeicher 15 verbunden. In die Leitung 14 mündet die Zuleitung 16, in die ein entsperbares Rückschlagventil 17 eingebaut ist. In die Verbindungsleitung 11 mündet die Zuleitung 63, in welche die Drossel 18 eingefügt ist, und die ebenfalls ein entsperbares Rückschlagventil 21 hat.

25

30



Die beiden Rückschlagventile 17 und 21 öffnen selbsttätig in Richtung der Kolbenräume 3 und 4 beziehungsweise Ringräume 7 und 8. Sie können über die Steuerleitung 24 und die davon abzweigenden Leitungen 22 und 23 für einen Flüssigkeitsstrom in Gegenrichtung entsperrt werden. Die Steuerleitung 24 ist an die Zuleitung 19 angeschlossen. In die Zuleitung 19 ist das Druckregelventil 20 eingesetzt, mit dem Druckanschluss P, Ablaufanschluss T und dem Druckanschluss A für den geregelten Druck. An den Ablaufanschluss T des Druckregelventils 20 ist die Ablaufleitung 26 angeschlossen, die zu einem Vorratsbehälter führt. Die Leitung 14 und die Zuleitung 63 sind mit der Ablaufleitung 26 über die Entleerungsleitungen 27 und 28 verbunden, in die Absperrventile 29 und 30 eingebaut sind. Die Leitung 14 und die Ablaufleitung 26 sind über eine Zwischenleitung 60 verbunden, in die ein Druckbegrenzungsventil 31 eingesetzt ist. Die Zuleitungen 16 und 19 sind jeweils mit einem Magnet-Ventil 61 und 62 verbunden, die mit den Druckanschlüssen P und den Ablaufanschlüssen T versehen sind. Die Ventile 61 und 62 dienen der Niveauregelfunktion, die je nach Niveaulage des Fahrzeugs die Zuleitungen 16 und 19 mit einer Load-Sensing-Pumpe oder einem Vorratsbehälter verbinden. In der im Schaltplan gezeigten Schaltung sind die Leitungen 16 und 19 mit dem Ablaufanschluss T verbunden. Dieses ist die Neutralstellung.

Die als Niveauregelventile dienenden Ventile 61 und 62 sind stromlos und befinden sich in ihrer Neutralstellung. Beide Zuleitungen 16 und 19 sind, wie in dem Schaltplan gezeigt, mit dem Ablauf T verbunden. Durch den dann fehlenden Steuerdruck können die Rückschlagventile 17 und 21 nicht entsperrt werden. Sie sind geschlossen und die Kolbenräume 3 und 4 sowie auch die Ringräume 7 und 8 sind von jeglicher Zu- oder Ableitung getrennt. Die Verbindungen zu den Hydrospeichern 12 und 15 bleiben aber bestehen, so dass die Federung des Fahrzeugs gewährleistet ist. Durch den drucklosen

Zustand der Zuleitung 19 wird auch die Steuerleitung 35 zur Load-Sensing-Pumpe drucklos, da sie sich über das Rückschlagventil 39 in die Zuleitung 24 entlasten kann. Die Load-Sensing-Pumpe kann dann im Stand-by-Betrieb mit vergleichsweise geringem Leistungsbedarf betrieben werden.

5

Sobald sich die statische Belastung erhöht, schieben die Kolbenstangen 9 und 10 die Kolben 5 und 6 nach oben, so dass sich die Kolbenräume 3 und 4 verkleinern und Drucköl unter Druckanstieg in den Speicher 15 gefördert wird, während sich die Ringräume 7 und 8 vergrößern und Drucköl unter

10

Druckreduzierung aus dem Speicher 12 nachgefördert wird.

Die Abstandsänderung wird über einen Hözensensor abgegriffen, dessen Signal in ein elektronisch gefiltertes Steuersignale umgewandelt die Magnet-Ventile 61 und 62 bestromt und somit in Aufregelfunktion schaltet. In dieser

15

Schaltstellung werden die Zuleitungen 16 und 19 mit dem Pumpendruck P verbunden und über die Leitung 19 wird auch der Druck in der Steuerleitung 24 erhöht und die Rückschlagventile 17, 21 und 50 entsperrt.

Dem Wechselventil 36 werden die Drücke an den Rückschlagventilen 17 und

20

21 zugeführt, das den höchsten Druck in die Steuerleitung 35 einspeist, damit die Load-Sensing-Pumpe auf das geforderte Druckniveau einregeln kann.

Druckmittel strömt in die Druckleitung 14 ein und erhöht den Druck im Speicher 15 auf den geforderten statischen Druck und anschließend über die

25

Leitung 13 in die Zylinderräume 3 und 4 bis die Niveaulage erreicht ist und die Ventile 61 und 62 in ihre Neutralstellung zurückschalten.

Während des Regelvorgangs wird der Druck in den Ringräumen 7 und 8 und im Druckspeicher 12 durch das 2-Stufen-Druckregelventil 20 auf ein vom

30

Vorsteuerventil 56 vorbestimmtes lastabhängiges Druckniveau eingeregelt. Das

Vorsteuerventil 56 wird über die Steuerleitung 53 mit dem Zylinderdruck aus der Druckverbindung 16 beaufschlagt und übermittelt dem Druckregelventil 20 über die Steuerleitung 40 das zu regelnde Druckniveau in der Weise, dass der beaufschlagte Druck im Vorsteuerventil 56 gegen eine Feder wirkt und druckabhängig einen Kolben verschiebt, der im mittlerem und hohen Druckniveau bei den Belastungsfällen m und h die Steuerleitung 40 mit der Ablaufleitung 26 verbindet und somit drucklos schaltet und im niedrigem Niveau die Leitung 40 mit der Druckleitung 63 verbindet, sodass im niedrigem Lastbereich n Drucköl zum Steuerraum 54 fließt und der Vorspannkolben 55 die Regelfeder 41 im Regelventil 20 höher vorspannt und somit zur Erhöhung der Federrate ein höheres Ringraumdruckniveau geregelt wird.

Der Steuerdruck für die Regelfunktion des Druckregelventils 20 wird extern zwischen dem Rückschlagventil 21 und einer vor der Verbindungsleitung 11 eingefügten Drossel 18, die zur Abstimmung der Regelzeit dient, im Abzweig 52 abgegriffen und ist über das entspernbare Rückschlagventil 50, dessen Steuerleitung 51 zum Entsperren mit der Steuerleitung 24 angeschlossen ist, mit der Steuerleitung 42 verbunden.

Bei einer Belastungsminderung an den Federzylindern 1 und 2 findet eine Vergrößerung der Kolbenräume 3 und 4 und eine Verkleinerung der Ringräume 7 und 8 statt. Das Ventil 62 wird bestromt und schaltet in Abregelstellung, in der sichergestellt ist, dass die Rückschlagventile 17 und 21 entsperrt bleiben bzw. entsperrt werden. Über das entspernte Rückschlagventil 17 kann dann Drucköl über die Leitung 16 abströmen und durch das entspernbare Rückschlagventil 21 Druckmittel zum Einregeln des Druckniveaus fließen, bis die Niveaulage wieder erreicht ist.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist es möglich, das Vorsteuerventil 56 mit doppelter Umsteuerung auszubilden, sodass auch im hohen

Belastungsbereich h zur Erzielung einer härteren Federrate die Steuerleitung 40 mit der Druckleitung 19 verbunden und das Druckniveau im Ringraum angehoben ist. Bei einer solchen Ausführungsform kann das Vorsteuerventil 56 als 3-Stellungsventil ausgebildet sein.

5

Der Druckregler 70 im Zusammenwirken mit der Drossel 71 in der Druckleitung 16, bekannt durch Patentanmeldung DE 197 190 75, dient zur Regelung der Druckmittelzu- und abflussmenge zum Zylinderfederkreis, der sich aus dem Verbund zwischen den Zylinderräumen 3 und 4 mit dem

10 Federspeicher 15 ergibt.

10075794.021302